

CPLD在 LED 网络控制器中的应用

The Application of CPLD in the Network Control of LED

(江南大学) 庄 车 白瑞林 刘 巍
ZHUANG Che BAI Rui-lin LIU Wei

摘要: 提出了一种基于 CPLD 和专用网络芯片的高速网络控制器的设计方法,并且在 LED 屏控制中实现。采用具有 TOE 的 AX11015 芯片实现网络的高速传输,CPLD 和 SRAM 实现数据的高速采集、高速存储和高速处理。实验测试表明:该控制器性能稳定,性价比高,满足系统的设计要求。是一种实现高带宽视频 LED 屏控制的有效方法。
关键词: 视频 LED; CPLD; VHDL; 网络控制
中图分类号: TP393 **文献标识码:** A

Abstract: A design method of high speed network control base on a CPLD and special network chip is proposed, and is implemented in LED screen project. The special network chip, AX11015 with TOE (TCP/IP Offload Engine) is used to implement the high speed of network . The data is fast collected, accessed and processed with CPLD and SRAM. The experiment results indicate that the controller is feasible, good proportion between price and nature. It was an efficient method to implement the control of video frequency LED through high speed network.
Key words: video frequency LED; CPLD; VHDL; Network control

引言

近年来随着 LED 技术的提高和发展,大屏幕视频 LED 已广泛应用于体育场馆、机场、车站等场所,用以显示文字、图形、动态视频影像等多媒体信息。著名的纽约时代广场上的 LED 屏长 41m,宽 8m,由 200 万 LED 像素组成,产生轰动的广告效应。但是由此产生的数据量是巨大的,视频媒体对数据的传输介质和带宽提出了很高的要求。

由于网络技术的成熟和传输的高速化,为了达到传输视频 LED 数据的要求,网络已成为视频数据的首选传输介质。当视频数据为非压缩数据时,网络的带宽已成为数据传输的瓶颈。低端嵌入式系统实现高带宽网络传送对于技术的推广和产品开发有着极其重要的作用。然而目前关于低端嵌入式系统实现高带宽网络传送方面的研究和应用还比较少。

低端嵌入式系统实现高带宽网络传送的关键在于采用具有 TOE 技术的专用芯片和 CPLD 相配合。TOE 网络芯片实现网络数据的高速传输,CPLD 完成数据的缓冲和处理。这样既实现了 LED 的远距离控制和数据的高速实时可靠传输,又简化了布局布线,降低了成本。在这里,数据的带宽是重要的指标,所以,CPLD 控制部分的设计优劣对视频 LED 网络控制器起至关重要的作用。它的实现对整个系统的性能产生直接影响。本文将重点讨论 CPLD 在视频 LED 网络控制器中的设计和应用。

1 系统原理

设计对象为 8m×12 mLED 屏(96m²),并采用 LED 像素驱动专用芯片 SD600 驱动。SD600 为 24Bit 真彩色像素驱动,其通信方式采用 DIN/DOUT 和 CLKIN/CLKOUT 完成,不使用 LD 信号,仅使用 CLK 和 DATA。SD600 采用 SSOP10 封装,可以驱动 2 红

1 绿 1 蓝 4 颗 LED 灯,时钟速率为 96KHz~12MHz。SD600 控制方式简单,连线方便,特别适用于稀疏点阵、超大型 LED 屏幕。

大屏幕视频 LED 控制器的组成如图 1 所示。更新的显示数据基于以太网,通过 RJ45 进入专用网络处理芯片 AX11015,该芯片完成数据的解包,并将显示数据以 DMA 方式高速传出。CPLD 缓冲数据并存放入在 SRAM 中,等到一帧数据传输完毕,CPLD 将显示数据输出至 LED,完成整个数据的传输和 LED 的控制。系统的结构功能主要包括 2 部分:一是基于以太网数据的解包和硬 DMA 操作,这部分主要由 AX11015 网络芯片完成;二是对 AX11015 和 SRAM 间硬 DMA 操作实现,完成 FIFO 的时序操作,并以 SPI 数据格式上 LED 屏。

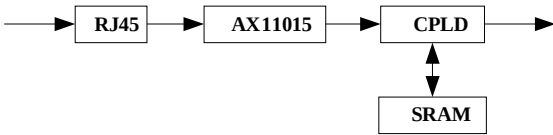


图 1 视频 LED 控制器的系统框图

2 系统的硬件设计

2.1 关键器件分析

AX11015 内嵌高速 80390 内核,完全兼容 8051 指令,为全球首款将 10/100Mbps 高速以太网网络实体层(PHY)、媒体存取控制器(MAC)、TCP/IP 加速器及快闪式内存整合在单芯片中的高效能 8 位微控制器。AX11015 处理器的硬件 TCP/IP 加速器极大的提高了控制器的网络处理功能,结合小型的嵌入式 uIP 协议栈,可以实现 UDP 的传输达到 20Mbps。AX11015 本身集成了一个并行的 Local Bus 总线,利用其 DMA 的传输功能,可以将网络帧数据高速的传送至 CPLD 接口。

EPM240T100C5 是 Altera 公司的新型 MAX II 系列产品。器

件基于新的突破性体系结构,结合了 FPGA 和 CPLD 的优点。充分利用 4 输入 LUT 体系结构的性能和密度优势,并且具有性价比比较高的非易失特性。该芯片内核电压可以为 1.8V、2.5V、3.3V,内含 240 个逻辑单元(LE),80 个用户 I/O 口。

SRAM 采用 ISSI 公司的 IS63LV1024L-10J,为 128K×8 的高速静态存储器,3.3V 的工作电压,高速接入时间为 10ns。是一款高性能、低功耗器件,使用 ICSI 高性能 COMS 技术,所有的输入和输出与 TTL 相兼容。通过选择 CE、OE 和 WE 的状态可以比较简单的实现存储。

2.2CPLD 控制部分的实现

为了实现网络数据的高速采集、高速存储和高速处理,需要用大容量的 FIFO 进行码流缓冲,如果 FIFO 的容量足够大,AX11015 就可以通过 DMA 方式发送数据,再经过 FIFO 的缓冲,按照预定频率均匀送出。但是目前大容量的 FIFO 价格比较昂贵,这直接影响了控制器的成本。因此,为了实现码流缓冲的功能,同时节约控制器成本,采用 CPLD 和 SRAM 相结合达到设计要求。CPLD 的功能结构如图 2 所示,系统分为 3 个模块:数据接收模块(包括异步 FIFO 和写控制模块)、数据输出模块(包括读控制模块和 SPI 模块)、主控制模块。

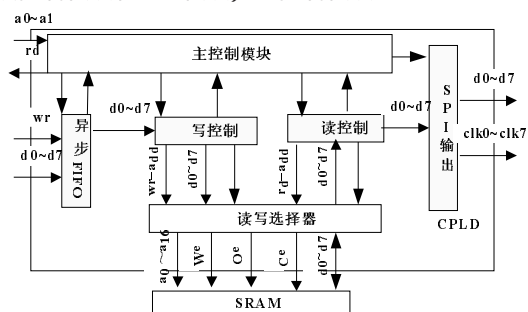


图 2CPLD 的功能结构图

2.2.1 数据接收模块

AX11015 在传输网络数据的时候采用 Local Bus 总线 DMA 传输模式,只发出数据信号 d0~d7、地址锁存 ALE、写使能 WR。最快读写周期为 70ns,采用 130ns 约 7.69MHz 的读写周期,为了实现对 CPLD 的控制,AX11015 在复位后还要对 CPLD 进行初始化,通过地址线 a0~a1 选择 CPLD 的内部功能寄存器,将控制数据存入功能寄存器。为了实现数据的及时接收,采用同步总线完成数据的接收,即在 CPLD 内构造一个 4 字节的异步 FIFO,选择 WR 作为同步时钟信号,上升沿将 AX11015 的数据存入异步 FIFO 中。异步 FIFO 通常用于数据的缓存和用于容纳异步信号的频率或相位的差异。异步 FIFO 的实现通常是利用双口 RAM 和读写地址产生模块来实现的。

写控制模块是对外部 SRAM 进行写控制。主要由写地址计数器、写使能、写控制标志构成。写地址计数器一是产生 SRAM 的写指针,二是产生读控制模块的读使能标志。当异步 FIFO 非空时(即 data_valid='1')时,写控制模块开始工作,每读一次异步 FIFO,写地址加一,异步 FIFO 读地址加一,从而完成外部 SRAM 的地址变化和对异步 FIFO 的读取控制。写周期为 8MHz,满足 AX11015 的时序要求。

2.2.2 数据输出模块

读控制模块是对外部 SRAM 进行读控制。主要由读地址计数器、读使能和读控制构成。当读使能有效时,基于系统时钟完成数据从 SRAM 到 CPLD 的输入,将数据传送至 SPI 模块,并

输出到 LED 屏。

SPI 总线是 Motorola 公司推出的三线同步接口,同步串行 3 线方式进行通信:时钟 SCK、数据输入 MOSI、数据输出 MISO,用于 CPU 与各种外围器件进行全双工、同步串行通讯。SPI 主要特点有:可以同时发出和接收串行数据;可以当作主机或从机工作;提供频率可编程时钟;发送结束中断标志;写冲突保护;总线竞争保护等。采用简单的 SPI 总线,单方向将 CPU 的数据输出至 LED。根据功能定义及 SPI 的工作原理,将整个 IP Core 分为 4 个子模块:时钟分频模块、发送数据 FIFO 模块、状态机模块、以及发送数据逻辑模块。

2.2.3 主控制模块

主控制模块主要完成读写模块的时分读写功能,以及读写使能的产生和判断。主控制的状态机由 6 个状态组成: idle, S0, S1, S2, S3, S4, 状态转换如图 3 所示。

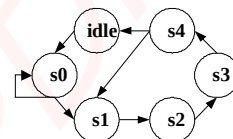


图 3 主控制模块的状态转换图

Idle: 复位状态。当 reset='0' 时, current_state=idle, 在 idle 状态 CPLD 的所有内部寄存器复位, 读写计数器为零, 异步 fifo 复位, spi 复位, 将控制字输入内部寄存器 reg_cnt;

S0: 初始化状态。当 data_valid='1' 由 idle 状态转换成 S0 状态, 在此状态对外部 SRAM 进行初始化, 把第一帧数据打入 SRAM, 当写计数器的计数值计满时, next_state=S1; 否则 next_state=S0;

S1: 控制写模块。产生 SRAM 的控制使能和地址, 判断产生读使能 rd_flag 和写使能 wr_flag, next_state=S2;

S2: 判断读写使能是否有效。当写使能有效时, 写计数器加一, 当读使能有效时, 送出读地址和 SRAM 的读控制信号; next_state=S3;

S3: 判断读指针是否加一, 判断读计数值是否计满, 产生读中断, next_state=S4;

S4: 将数据送入 SPI, next_state=S1;

当 reset 无效时, S1→S2→S3→S4→S1……是一种循环状态机, 得以对 SRAM 进行分时读写控制, 同时产生 SPI 的分频时钟信号。

3 系统的软件设计

3.1 上位机图像采集系统软件

Light Studio 为常州银港数据系统有限公司开发, 适用于全彩灯具和稀疏 LED 全彩大屏幕的播放软件 [3]。它建立在 Windows 开放型平台上, 与流行的软件 AutoCAD、FLASH 软件协同工作, 为 LED 灯光屏幕设计者提供了一套快捷、方便的设计方法和播放软件。Light Studio 软件可以直接把视频图像转换成 SD600 所需要的 RGB 格式的数据, 控制器无需再进行视频的编码和解码, 可以将数据通过控制器高速传送至像素控制芯片, 因此要求控制器能够处理高带宽的网络数据, 采用 TOE 的网络芯片和 CPLD 相结合组成的网络控制器也正符合了上述高带宽的要求。

3.2CPLD 的功能仿真

在 Altera 公司的 Quartus II5.1 中实现, 包括系统的 VHDL 输入、综合、编译、布线等。编译后从芯片 EPM240T100C5 下载

实现,编译后占用芯片的系统资源如表 1 所示。从表 1 可以看出,资源分配既能满足设计要求,又有一定的设计余量。为设计的改进,例如增大 SRAM 的容量,留有适当的逻辑资源。在系统仿真中初始化时输入控制字为 255,即当写地址计满 255 时,开始读写交替。仿真图如图 4 所示,在图 4 中可以看出当写地址计数达到 255 时,出现了读写地址的时分交替,当 $ce='0'$ $pe='1'$ $we='0'$ 时写 SRAM,当 $ce='0'$ $pe='0'$ $we='1'$ 时读 SRAM。

表 1 CPLD 控制模块占用器件资源情况

Device	EPM240T100C5
Total logic element	190/240(79%)
Total Pins	57/80(71%)
Total Virtual	0
Maximum clock rate	88.83MHZ

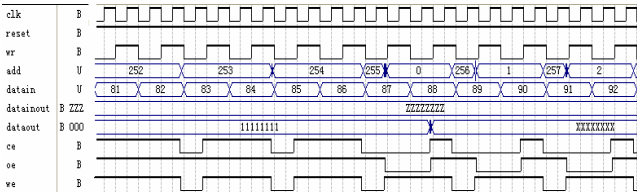


图 4 系统在 Quartus II 5.1 中的仿真图

4 硬件测试

SD600 像素控制芯片本身含有 2 个 24 位的移位寄存器,只需要一对 CLKIN 和 DATAIN 控制线输入,并且可以输出一对 CLKOUT 和 DATAOUT 作为级联。作为产品化的 LED 大屏幕,由标准的 LED 像素模块组成。每个标准像素模块为 1 m²,像素为 12×12,各个像素为串行级联。

本控制器可以输出 8 对 SPI 格式的 CLK 和 DATA 线,一对控制线可以控制 4 m²。因此,一个控制器可以控制 32 m² 的屏幕。通过网路的级联,可以有多个控制器协同工作,可以方便的组建上百平米超大型 LED 大屏幕。目前本项目的测试采用了 16 m² 的 LED 屏幕。

AX11015 接口时序为标准 Intel 80386 总线接口时序,AX11015 传输采用 Local bus DMA 模式,数据最高传输速率为 64Mbps,为此确定 CPLD 的外接晶震为 36M,CPLD 的最高处理带宽为 72 Mbps,满足 AX11015 的传输要求,经测试系统的总带宽可达到 20 Mbps。测试图像在 LED 大屏上动态刷新,达到设计要求。

5 结论

本文作者的创新点,提出了一种新的视频 LED 数据的传输方式,利用成熟的网络技术,通过以太网传输 LED 视频数据,减少了传统的驱动设备,并且将这一方案在低速单片机和 CPLD 中加以实现,达到了网络数据在低速单片机中高速传输的要求。由于 CPLD 的编程下载灵活多变,便利了产品的升级换代,缩短研发周期,使得产品具有更大的竞争力。目前产品已经正式生产,并远销国内外。

参考文献

[1]王圣,苏金树.TCP 加速技术研究综述. 软件学报.2004,15(11) 1689~1699.
[2]任宏.关于 TOE 技术的发展及概况的研究. 红外.2005,3,19~26.

[3]常州银港数据系统有限公司.Light Studio 使用指南. 2006.
[4]周忠,周喆. LED 显示屏视频播放的原理和方法.计算机应用与软件,2006,9,137~139.
[5]ASIX Electronics Corporation. AX11015 Data Sheet. 2006,308~309.
[6]任三军,任雁军,呼文杰.用 CPLD 和外部 SRAM 构成大容量 FIFO 的设计.电子产品世界,2001,7,15~17.
[7] 马善农,赵永科,谢勇勤.CPLD 在图像采集与控制中的应用.微计算机信息,2007,8-2:207~208

作者简介:庄车 (1982—),男(汉族),江苏徐州人,江南大学在读硕士生,方向为嵌入式系统研究;白瑞林(1955—),男(蒙古族),黑龙江双城人,江南大学通信与控制工程系教授,主要从事智能控制与嵌入式系统研究;刘巍(1981—),男(汉族),河南安阳人,江南大学在读硕士生,方向为嵌入式系统研究;

Biography: ZHUANG Che(1982—), Male(han ethnic), Jiangsu, Jiangnan University, Master, embeded system research

(214122 江苏无锡 江南大学 智能控制研究所)庄车 白瑞林 刘巍 (Institute of Intelligent Control, Jiangnan University, Wu xi 214122 Jiangsu, China)ZHUANG Che BAI Rui-lin LIU Wei

通讯地址:(214122 无锡市蠡湖大道 1800 号 江南大学通信与控制工程学院 C218 室)庄车

(收稿日期:2008.10.05)(修稿日期:2008.10.25)

(上接第 221 页)

作者简介:余景华(1983—),男(汉族),福建人,华侨大学 06 级研究生,微电子专业,主要研究基于 FPGA 的工业控制。郭亨群(1944—),男(汉族),福建人,华侨大学信息学院教授,物理电子学专业,主要从事光电子研究。杨冠鲁(1960—),男(汉族),山东人,华侨大学信息学院教授,电工理论与新技术,主要从事智能控制与信息处理的研究

Biography: YU Jing-hua (1983—), Mankind(the Han nationality), Fu Jian Province, Hua Qiao Univercity 06 Grade Master, Micro -electronics Profession, Research Area Is The Industrial Control Base On FPGA

(362021 福建 泉州 华侨大学 信息学院)余景华 杨冠鲁 郭亨群 (College of information, Huaqiao university, Fujian, Quanzhou, 362021, China) YU Jing-hua YANG Guan-lu GUO Heng-qun

通讯地址:(362021 福建省泉州市华侨大学北区 30#215 宿舍) 余景华

嵌入式资源免费下载

总线协议:

1. [基于 PCIe 驱动程序的数据传输卡 DMA 传输](#)
2. [基于 PCIe 总线协议的设备驱动开发](#)
3. [CANopen 协议介绍](#)
4. [基于 PXI 总线 RS422 数据通信卡 WDM 驱动程序设计](#)
5. [FPGA 实现 PCIe 总线 DMA 设计](#)
6. [PCI Express 协议实现与验证](#)
7. [VPX 总线技术及其实现](#)
8. [基于 Xilinx FPGA 的 PCIE 接口实现](#)
9. [基于 PCI 总线的 GPS 授时卡设计](#)
10. [基于 CPCI 标准的 6U 信号处理平台的设计](#)
11. [USB30 电路保护](#)
12. [USB30 协议分析与框架设计](#)
13. [USB 30 中的 CRC 校验原理及实现](#)
14. [基于 CPLD 的 UART 设计](#)
15. [IPMI 在 VPX 系统中的应用与设计](#)
16. [基于 CPCI 总线的 PMC 载板设计](#)
17. [基于 VPX 总线的工件台运动控制系统研究与开发](#)
18. [PCI Express 流控机制的研究与实现](#)
19. [UART16C554 的设计](#)
20. [基于 VPX 的高性能计算机设计](#)
21. [基于 CAN 总线技术的嵌入式网关设计](#)
22. [Visual C 串行通讯控件使用方法与技巧的研究](#)
23. [IEEE1588 精密时钟同步关键技术研究](#)
24. [GPS 信号发生器射频模块的一种实现方案](#)
25. [基于 CPCI 接口的视频采集卡的设计](#)
26. [基于 VPX 的 3U 信号处理平台的设计](#)
27. [基于 PCI Express 总线 1394b 网络传输系统 WDM 驱动设计](#)
28. [AT89C52 单片机与 ARINC429 航空总线接口设计](#)
29. [基于 CPCI 总线多 DSP 系统的高速主机接口设计](#)
30. [总线协议中的 CRC 及其在 SATA 通信技术中的应用](#)
31. [基于 FPGA 的 SATA 硬盘加解密控制器设计](#)
32. [Modbus 协议在串口通讯中的研究及应用](#)
33. [高可用的磁盘阵列 Cache 的设计和实现](#)
34. [RAID 阵列中高速 Cache 管理的优化](#)

邀请注册码



关注论坛公众号

35. [一种新的基于 RAID 的 CACHE 技术研究与实现](#)
36. [基于 PCIE-104 总线的高速数据接口设计](#)
37. [基于 VPX 标准的 RapidIO 交换和 Flash 存储模块设计](#)
38. [北斗卫星系统在海洋工程中的应用](#)
39. [北斗卫星系统在远洋船舶上应用的研究](#)
40. [基于 CPCI 总线的红外实时信号处理系统](#)
41. [硬件实现 RAID 与软件实现 RAID 的比较](#)
42. [基于 PCI Express 总线系统的热插拔设计](#)
43. [基于 RAID5 的磁盘阵列 Cache 的研究与实现](#)
44. [基于 PCI 总线的 MPEG2 码流播放卡驱动程序开发](#)
45. [基于磁盘阵列引擎的 RAID5 小写性能优化](#)
46. [基于 IEEE1588 的时钟同步技术研究](#)
47. [基于 Davinci 平台的 SD 卡读写优化](#)
48. [基于 PCI 总线的图像处理及传输系统的设计](#)
49. [串口和以太网通信技术在油液在线监测系统中的应用](#)
50. [USB30 数据传输协议分析及实现](#)
51. [IEEE 1588 协议在工业以太网中的实现](#)
52. [基于 USB30 的设备自定义请求实现方法](#)
53. [IEEE1588 协议在网络测控系统中的应用](#)
54. [USB30 物理层中弹性缓冲的设计与实现](#)
55. [USB30 的高速信息传输瓶颈研究](#)
56. [基于 IPv6 的 UDP 通信的实现](#)
57. [一种基于 IPv6 的流媒体传送方案研究与实现](#)
58. [基于 IPv4-IPv6 双栈的 MODBUS-TCP 协议实现](#)
59. [RS485CAN 网关设计与实现](#)
60. [MVB 周期信息的实时调度](#)
61. [RS485 和 PROFINET 网关设计](#)
62. [基于 IPv6 的 Socket 通信的实现](#)
63. [MVB 网络重复器的设计](#)
64. [一种新型 MVB 通信板的探究](#)
65. [具有 MVB 接口的输入输出设备的分析](#)
66. [基于 STM32 的 GSM 模块综合应用](#)
67. [基于 ARM7 的 MVB CAN 网关设计](#)
68. [机车车辆的 MVB CAN 总线网关设计](#)
69. [智能变电站冗余网络中 IEEE1588 协议的应用](#)
70. [CAN 总线的浅析 CANopen 协议](#)
71. [基于 CANopen 协议实现多电机系统实时控制](#)
72. [以太网时钟同步协议的研究](#)
73. [基于 CANopen 的列车通信网络实现研究](#)
74. [基于 SJA1000 的 CAN 总线智能控制系统设计](#)
75. [基于 CANopen 的运动控制单元的设计](#)
76. [基于 STM32F107VC 的 IEEE 1588 精密时钟同步分析与实现](#)

邀请注册码



关注论坛公众号

77. [分布式控制系统精确时钟同步技术](#)
78. [基于 IEEE 1588 的时钟同步技术在分布式系统中应用](#)
79. [基于 SJA1000 的 CAN 总线通讯模块的实现](#)
80. [嵌入式设备的精确时钟同步技术的研究与实现](#)
81. [基于 SJA1000 的 CAN 网桥设计](#)
82. [基于 CAN 总线分布式温室监控系统的设计与实现](#)
83. [基于 DSP 的 CANopen 通讯协议的实现](#)
84. [基于 PCI9656 控制芯片的高速网卡 DMA 设计](#)
85. [基于以太网及串口的数据采集模块设计](#)
86. [MVB1 类设备控制器的 FPGA 设计](#)
87. [MVB 接口彩色液晶显示诊断单元的显示应用软件设计](#)
88. [IPv6 新型套接字的网络编程剖析](#)
89. [基于规则的 IPv4 源程序到 IPv6 源程序的移植方法](#)
90. [MVB 网络接口单元的 SOC 解决方案](#)
91. [基于 IPSec 协议的 IPv6 安全研究](#)
92. [具有 VME 总线的车载安全计算机 MVB 通信板卡](#)
93. [SD 卡的传输协议和读写程序](#)
94. [基于 SCTP 的 TLS 应用](#)
95. [基于 IPv6 的静态路由实验设计](#)
96. [基于 MVB 的地铁列车司机显示系统研究](#)
97. [基于参数优化批处理的 TLS 协议](#)
98. [SSD 数据结构与算法综述](#)
99. [大容量 NAND Flash 文件系统中的地址映射算法研究](#)
100. [基于 MVB 总线的动车组门控系统的设计与仿真研究](#)
101. [多功能车辆总线 MVB 控制](#)
102. [基于 LabVIEW 的 MVB 和 WTB 帧解码方法](#)

邀请注册码



关注论坛公众号

VxWorks:

1. [基于 VxWorks 的多任务程序设计](#)
2. [基于 VxWorks 的数据采集存储装置设计](#)
3. [Flash 文件系统分析及其在 VxWorks 中的实现](#)
4. [VxWorks 多任务编程中的异常研究](#)
5. [VxWorks 应用技巧两例](#)
6. [一种基于 VxWorks 的飞行仿真实时管理系统](#)
7. [在 VxWorks 系统中使用 TrueType 字库](#)
8. [基于 FreeType 的 VxWorks 中文显示方案](#)
9. [基于 Tilcon 的 VxWorks 简单动画开发](#)

10. [基于 Tilcon 的某武器显控系统界面设计](#)
11. [基于 Tilcon 的综合导航信息处理装置界面设计](#)
12. [VxWorks 的内存配置和管理](#)
13. [基于 VxWorks 系统的 PCI 配置与应用](#)
14. [基于 MPC8270 的 VxWorks BSP 的移植](#)
15. [Bootrom 功能改进经验谈](#)
16. [基于 VxWorks 嵌入式系统的中文平台研究与实现](#)
17. [VxBus 的 A429 接口驱动](#)
18. [基于 VxBus 和 MPC8569E 千兆网驱动开发和实现](#)
19. [一种基于 vxBus 的 PPC 与 FPGA 高速互联的驱动设计方法](#)
20. [基于 VxBus 的设备驱动开发](#)
21. [基于 VxBus 的驱动程序架构分析](#)
22. [基于 VxBus 的高速数据采集卡驱动程序开发](#)
23. [Vxworks 下的冗余 CAN 通讯模块设计](#)
24. [WindML 工业平台下开发 S1d13506 驱动及显示功能的实现](#)
25. [WindML 中 Mesa 的应用](#)
26. [VxWorks 下图形用户界面开发中双缓冲技术应用](#)
27. [VxWorks 上的一种 GUI 系统的设计与实现](#)
28. [VxWorks 环境下 socket 的实现](#)
29. [VxWorks 的 WindML 图形界面程序的框架分析](#)
30. [VxWorks 实时操作系统及其在 PC104 下以太网编程的应用](#)
31. [实时操作系统任务调度策略的研究与设计](#)
32. [军事指挥系统中 VxWorks 下汉字显示技术](#)
33. [基于 VxWorks 实时控制系统中文交互界面开发平台](#)
34. [基于 VxWorks 操作系统的 WindML 图形操控界面实现方法](#)
35. [基于 GPU FPGA 芯片原型的 VxWorks 下驱动软件开发](#)
36. [VxWorks 下的多串口卡设计](#)
37. [VxWorks 内存管理机制的研究](#)
38. [T9 输入法在 Tilcon 下的实现](#)
39. [基于 VxWorks 的 WindML 图形界面开发方法](#)
40. [基于 Tilcon 的 IO 控制板可视化测试软件的设计和实现](#)
41. [基于 VxWorks 的通信服务器实时多任务软件设计](#)
42. [基于 VXWORKS 的 RS485MVB 网关的设计与实现](#)
43. [实时操作系统 VxWorks 在微机保护中的应用](#)
44. [基于 VxWorks 的多任务程序设计及通信管理](#)
45. [基于 Tilcon 的 VxWorks 图形界面开发技术](#)
46. [嵌入式图形系统 Tilcon 及应用研究](#)
47. [基于 VxWorks 的数据采集与重演软件的图形界面的设计与实现](#)
48. [基于嵌入式的 Tilcon 用户图形界面设计与开发](#)
49. [基于 Tilcon 的交互式多页面的设计](#)
50. [基于 Tilcon 的嵌入式系统人机界面开发技术](#)
51. [基于 Tilcon 的指控系统多任务人机交互软件设计](#)

邀请注册码



关注论坛公众号

52. [基于 Tilcon 航海标绘台界面设计](#)
53. [基于 Tornado 和 Tilcon 的嵌入式 GIS 图形编辑软件的开发](#)
54. [VxWorks 环境下内存文件系统的应用](#)
55. [VxWorks 下的多重定时器设计](#)
56. [Freescall 的 MPC8641D 的 VxWorks BSP](#)
57. [VxWorks 实验五\[时间片轮转调度\]](#)
58. [解决 VmWare 下下载大型工程.out 出现 WTX Error 0x100de 的问题](#)
59. [基于 VxWorks 系统的 MiniGUI 图形界面开发](#)
60. [VxWorks BSP 开发中的 PCI 配置方法](#)
61. [VxWorks 在 S3C2410 上的 BSP 设计](#)
62. [VxWorks 操作系统中 PCI 总线驱动程序的设计与实现](#)
63. [VxWorks 概述](#)
64. [基于 AT91RM9200 的 VxWorks END 网络驱动开发](#)
65. [基于 EBD9200 的 VxWorks BSP 设计和实现](#)
66. [基于 VxWorks 的 BSP 技术分析](#)
67. [ARM LPC2210 的 VxWorks BSP 源码](#)
68. [基于 LPC2210 的 VxWorks BSP 移植](#)
69. [基于 VxWorks 平台的 SCTP 协议软件设计实现](#)
70. [VxWorks 快速启动的实现方法\[上电到应用程序 1 秒\]](#)

Linux:

1. [Linux 程序设计第三版及源代码](#)
2. [NAND FLASH 文件系统的设计与实现](#)
3. [多通道串行通信设备的 Linux 驱动程序实现](#)
4. [Zsh 开发指南-数组](#)
5. [常用 GDB 命令中文速览](#)
6. [嵌入式 C 进阶之道](#)
7. [Linux 串口编程实例](#)
8. [基于 Yocto Project 的嵌入式应用设计](#)
9. [Android 应用的反编译](#)
10. [基于 Android 行为的加密应用系统研究](#)
11. [嵌入式 Linux 系统移植步步通](#)
12. [嵌入式 C++语言精华文章集锦](#)
13. [基于 Linux 的高性能服务器端的设计与研究](#)
14. [S3C6410 移植 Android 内核](#)
15. [Android 开发指南中文版](#)
16. [图解 Linux 操作系统架构设计与实现原理（第二版）](#)
17. [如何在 Ubuntu 和 Linux Mint 下轻松升级 Linux 内核](#)

邀请注册码



关注论坛公众号

18. [Android 简单 mp3 播放器源码](#)
19. [嵌入式 Linux 系统实时性的研究](#)
20. [Android 嵌入式系统架构及内核浅析](#)
21. [基于嵌入式 Linux 操作系统内核实时性的改进方法研究](#)
22. [Linux TCP IP 协议详解](#)
23. [Linux 桌面环境下内存去重技术的研究与实现](#)
24. [掌握 Android 7.0 新增特性 Quick Settings](#)
25. [Android 应用逆向分析方法研究](#)
26. [Android 操作系统的课程教学](#)
27. [Android 智能手机操作系统的研究](#)
28. [Android 英文朗读功能的实现](#)
29. [基于 Yocto 订制嵌入式 Linux 发行版](#)
30. [基于嵌入式 Linux 的网络设备驱动设计与实现](#)
31. [如何高效学习嵌入式](#)
32. [基于 Android 平台的 GPS 定位系统的设计与实现](#)
33. [Linux ARM 下的 USB 驱动开发](#)
34. [Linux 下基于 I2C 协议的 RTC 驱动开发](#)
35. [嵌入式下 Linux 系统设备驱动程序的开发](#)
36. [基于嵌入式 Linux 的 SD 卡驱动程序的设计与实现](#)
37. [Linux 系统中进程调度策略](#)
38. [嵌入式 Linux 实时性方法](#)
39. [基于实时 Linux 计算机联锁系统实时性分析与改进](#)
40. [基于嵌入式 Linux 下的 USB3.0 驱动程序开发方法研究](#)
41. [Android 手机应用开发之音乐资源播放器](#)
42. [Linux 下以太网的 IPv6 隧道技术的实现](#)
43. [Research and design of mobile learning platform based on Android](#)
44. [基于 linux 和 Qt 的串口通信调试器调的设计及应用](#)
45. [在 Linux 平台上基于 QT 的动态图像采集系统的设计](#)
46. [基于 Android 平台的医护查房系统的研究与设计](#)
47. [基于 Android 平台的软件自动化监控工具的设计开发](#)
48. [基于 Android 的视频软硬解码及渲染的对比研究与实现](#)
49. [基于 Android 移动设备的加速度传感器技术研究](#)
50. [基于 Android 系统振动测试仪研究](#)
51. [基于缓存竞争优化的 Linux 进程调度策略](#)
52. [Linux 基于 W83697 和 W83977 的 UART 串口驱动开发文档](#)
53. [基于 AT91RM9200 的嵌入式 Linux 系统的移植与实现](#)
54. [路由信息协议在 Linux 平台上的实现](#)
55. [Linux 下 IPv6 高级路由器的实现](#)
56. [基于 Android 平台的嵌入式视频监控系统设计](#)

邀请注册码



关注论坛公众号

Windows CE:

1. [Windows CE.NET 下 YAFFS 文件系统 NAND Flash 驱动程序设计](#)
2. [Windows CE 的 CAN 总线驱动程序设计](#)
3. [基于 Windows CE.NET 的 ADC 驱动程序实现与应用的研究](#)
4. [基于 Windows CE.NET 平台的串行通信实现](#)
5. [基于 Windows CE.NET 下的 GPRS 模块的研究与开发](#)
6. [win2k 下 NTFS 分区用 ntldr 加载进 dos 源代码](#)
7. [Windows 下的 USB 设备驱动程序开发](#)
8. [WinCE 的大容量程控数据传输解决方案设计](#)
9. [WinCE6.0 安装开发详解](#)
10. [DOS 下仿 Windows 的自带计算器程序 C 源码](#)
11. [G726 局域网语音通话程序和源代码](#)
12. [WinCE 主板加载第三方驱动程序的方法](#)
13. [WinCE 下的注册表编辑程序和源代码](#)
14. [WinCE 串口通信源代码](#)
15. [WINCE 的 SD 卡程序\[可实现读写的源码\]](#)
16. [基于 WinCE 的 BootLoader 研究](#)
17. [Windows CE 环境下无线网卡的自动安装](#)
18. [基于 Windows CE 的可视电话的研究与实现](#)
19. [基于 WinCE 的嵌入式图像采集系统设计](#)
20. [基于 ARM 与 WinCE 的掌纹鉴别系统](#)
21. [DCOM 协议在网络冗余环境下的应用](#)
22. [Windows XP Embedded 在变电站通信管理机中的应用](#)
23. [XPE 在多功能显控台上的开发与应用](#)
24. [基于 Windows XP Embedded 的 LKJ2000 仿真系统设计与实现](#)
25. [虚拟仪器的 Windows XP Embedded 操作系统开发](#)
26. [基于 EVC 的嵌入式导航电子地图设计](#)
27. [基于 XPEmbedded 的警务区 SMS 指挥平台的设计与实现](#)
28. [基于 XPE 的数字残币兑换工具开发](#)
29. [Windows CENET 下 ADC 驱动开发设计](#)
30. [Windows CE 下 USB 设备流驱动开发与设计](#)
31. [Windows 驱动程序设计](#)
32. [基于 Windows CE 的 GPS 应用](#)
33. [基于 Windows CE 下大像素图像分块显示算法的研究](#)
34. [基于 Windows CE 的数控软件开发与实现](#)
35. [NAND FLASH 在 WINCENET 系统中的应用设计](#)

邀请注册码



关注论坛公众号

PowerPC:

1. [Freescale MPC8536 开发板原理图](#)
2. [基于 MPC8548E 的固件设计](#)
3. [基于 MPC8548E 的嵌入式数据处理系统设计](#)
4. [基于 PowerPC 嵌入式网络通信平台的实现](#)
5. [PowerPC 在车辆显控系统中的应用](#)
6. [基于 PowerPC 的单板计算机的设计](#)
7. [用 PowerPC860 实现 FPGA 配置](#)
8. [基于 MPC8247 嵌入式电力交换系统的设计与实现](#)
9. [基于设备树的 MPC8247 嵌入式 Linux 系统开发](#)
10. [基于 MPC8313E 嵌入式系统 UBoot 的移植](#)
11. [基于 PowerPC 处理器 SMP 系统的 UBoot 移植](#)
12. [基于 PowerPC 双核处理器嵌入式系统 UBoot 移植](#)
13. [基于 PowerPC 的雷达通用处理机设计](#)
14. [PowerPC 平台引导加载程序的移植](#)
15. [基于 PowerPC 嵌入式内核的多串口通信扩展设计](#)
16. [基于 PowerPC 的多网口系统抗干扰设计](#)
17. [基于 MPC860T 与 VxWorks 的图形界面设计](#)
18. [基于 MPC8260 处理器的 PPMC 系统](#)
19. [基于 PowerPC 的控制器研究与设计](#)
20. [基于 PowerPC 的模拟量输入接口扩展](#)
21. [基于 PowerPC 的车载通信系统设计](#)
22. [基于 PowerPC 的嵌入式系统中通用 IO 口的扩展方法](#)
23. [基于 PowerPC440GP 型微控制器的嵌入式系统设计与研究](#)
24. [基于双 PowerPC 7447A 处理器的嵌入式系统硬件设计](#)
25. [基于 PowerPC603e 通用处理模块的设计与实现](#)
26. [嵌入式微机 MPC555 驻留片内监控器的开发与实现](#)
27. [基于 PowerPC 和 DSP 的电能质量在线监测装置的研制](#)
28. [基于 PowerPC 架构多核处理器嵌入式系统硬件设计](#)
29. [基于 PowerPC 的多屏系统设计](#)
30. [基于 PowerPC 的嵌入式 SMP 系统设计](#)
31. [基于 MPC850 的多功能通信管理器](#)
32. [基于 MPC8640D 处理系统的技术研究](#)
33. [基于双核 MPC8641D 处理器的计算机模块设计](#)
34. [基于 MPC8641D 处理器的对称多处理技术研究](#)

邀请注册码



关注论坛公众号

ARM:

1. [基于 DiskOnChip 2000 的驱动程序设计及应用](#)
2. [基于 ARM 体系的 PC-104 总线设计](#)
3. [基于 ARM 的嵌入式系统中断处理机制研究](#)
4. [设计 ARM 的中断处理](#)
5. [基于 ARM 的数据采集系统并行总线的驱动设计](#)
6. [S3C2410 下的 TFT LCD 驱动源码](#)
7. [STM32 SD 卡移植 FATFS 文件系统源码](#)
8. [STM32 ADC 多通道源码](#)
9. [ARM Linux 在 EP7312 上的移植](#)
10. [ARM 经典 300 问](#)
11. [基于 S5PV210 的频谱监测设备嵌入式系统设计与实现](#)
12. [Uboot 中 start.S 源码的指令级的详尽解析](#)
13. [基于 ARM9 的嵌入式 Zigbee 网关设计与实现](#)
14. [基于 S3C6410 处理器的嵌入式 Linux 系统移植](#)
15. [CortexA8 平台的 \$\mu\$ C-OS II 及 LwIP 协议栈的移植与实现](#)
16. [基于 ARM 的嵌入式 Linux 无线网卡设备驱动设计](#)
17. [ARM S3C2440 Linux ADC 驱动](#)
18. [ARM S3C2440 Linux 触摸屏驱动](#)
19. [Linux 和 Cortex-A8 的视频处理及数字微波传输系统设计](#)
20. [Nand Flash 启动模式下的 Uboot 移植](#)
21. [基于 ARM 处理器的 UART 设计](#)
22. [ARM CortexM3 处理器故障的分析与处理](#)
23. [ARM 微处理器启动和调试浅析](#)
24. [基于 ARM 系统下映像文件的执行与中断运行机制的实现](#)
25. [中断调用方式的 ARM 二次开发接口设计](#)
26. [ARM11 嵌入式系统 Linux 下 LCD 的驱动设计](#)
27. [Uboot 在 S3C2440 上的移植](#)
28. [基于 ARM11 的嵌入式无线视频终端的设计](#)
29. [基于 S3C6410 的 Uboot 分析与移植](#)
30. [基于 ARM 嵌入式系统的高保真无损音乐播放器设计](#)
31. [UBoot 在 Mini6410 上的移植](#)
32. [基于 ARM11 的嵌入式 Linux NAND FLASH 模拟 U 盘挂载分析与实现](#)
33. [基于 ARM11 的电源完整性分析](#)
34. [基于 ARM S3C6410 的 uboot 分析与移植](#)
35. [基于 S5PC100 移动视频监控终端的设计与实现](#)
36. [UBoot 在 AT91RM9200 上的移植简析](#)
37. [基于工控级 AT91RM9200 开发板的 UBoot 移植分析](#)
38. [基于 ARM11 和 Zigbee 的人员定位防丢器](#)

邀请注册码



关注论坛公众号

39. [基于 NAND FLASH 的嵌入式系统启动速度的研究](#)
40. [μCOS II 在 ARM7 上的移植](#)
41. [基于 ARM11 的嵌入式视频采集系统设计](#)

Hardware:

1. [DSP 电源的典型设计](#)
2. [高频脉冲电源设计](#)
3. [电源的综合保护设计](#)
4. [任意波形电源的设计](#)
5. [高速 PCB 信号完整性分析及应用](#)
6. [DM642 高速图像采集系统的电磁干扰设计](#)
7. [使用 COMExpress Nano 工控板实现 IP 调度设备](#)
8. [基于 COM Express 架构的数据记录仪的设计与实现](#)
9. [基于 COM Express 的信号系统逻辑运算单元设计](#)
10. [基于 COM Express 的回波预处理模块设计](#)
11. [基于 X86 平台的简单多任务内核的分析与实现](#)
12. [基于 UEFI Shell 的 PreOS Application 的开发与研究](#)
13. [基于 UEFI 固件的恶意代码防范技术研究](#)
14. [MIPS 架构计算机平台的支持固件研究](#)
15. [基于 UEFI 固件的攻击验证技术研究](#)
16. [基于 UEFI 的 Application 和 Driver 的分析与开发](#)
17. [基于 UEFI 的可信 BIOS 研究与实现](#)
18. [基于 UEFI 的国产计算机平台 BIOS 研究](#)
19. [基于 UEFI 的安全模块设计分析](#)
20. [基于 FPGA Nios II 的等精度频率计设计](#)
21. [基于 FPGA 的 SOPC 设计](#)
22. [基于 SOPC 基本信号产生器的设计与实现](#)
23. [基于龙芯平台的 PMON 研究与开发](#)
24. [基于 X86 平台的嵌入式 BIOS 可配置设计](#)
25. [基于龙芯 2F 架构的 PMON 分析与优化](#)
26. [CPU 与 GPU 之间接口电路的设计与实现](#)
27. [基于龙芯 1A 平台的 PMON 源码编译和启动分析](#)
28. [基于 PC104 工控机的嵌入式直流监控装置的设计](#)
29. [GPGPU 技术研究与发展](#)
30. [GPU 实现的高速 FIR 数字滤波算法](#)
31. [一种基于 CPUGPU 异构计算的混合编程模型](#)
32. [面向 OpenCL 模型的 GPU 性能优化](#)
33. [基于 GPU 的 FDTD 算法](#)

邀请注册码



关注论坛公众号

34. [基于 GPU 的瑕疵检测](#)
35. [基于 GPU 通用计算的分析与研究](#)
36. [面向 OpenCL 架构的 GPGPU 量化性能模型](#)
37. [基于 OpenCL 的图像积分图算法优化研究](#)
38. [基于 OpenCL 的均值平移算法在多个众核平台的性能优化研究](#)
39. [基于 OpenCL 的异构系统并行编程](#)
40. [嵌入式系统中热备份双机切换技术研究](#)
41. [EFI-Tiano 环境下的 AES 算法应用模型](#)
42. [EFI 及其安全性研究](#)
43. [基于 UEFI Shell 的 PreOS Application 的开发与研究](#)
44. [UEFI Bootkit 模型与分析](#)
45. [UEFI 计算机系统快速调试方法的实现](#)
46. [基于 EFI 系统的多文件系统解决方案](#)
47. [基于 UEFI 的可信 Tiano 设计与研究](#)

Programming:

1. [计算机软件基础数据结构 - 算法](#)
2. [高级数据结构对算法的优化](#)
3. [零基础学算法](#)
4. [Linux 环境下基于 TCP 的 Socket 编程浅析](#)
5. [Linux 环境下基于 UDP 的 socket 编程浅析](#)
6. [基于 Socket 的网络编程技术及其实现](#)
7. [数据结构考题 - 第 1 章 绪论](#)
8. [数据结构考题 - 第 2 章 线性表](#)
9. [数据结构考题 - 第 2 章 线性表 - 答案](#)
10. [基于小波变换与偏微分方程的图像分解及边缘检测](#)
11. [基于图像能量的布匹瑕疵检测方法](#)
12. [基于 OpenCL 的拉普拉斯图像增强算法优化研究](#)
13. [异构平台上基于 OpenCL 的 FFT 实现与优化](#)
14. [数据结构考题 - 第 4 章 串](#)
15. [数据结构考题 - 第 4 章 串答案](#)
16. [用 IPv6 编程接口实现有连接通信的方法](#)
17. [一种战棋游戏的 AI 算法设计与实现浅析](#)
18. [基于 TLS 协议的 ECC 扩展研究](#)

邀请注册码



关注论坛公众号

FPGA / CPLD:

1. [一种基于并行处理器的快速车道线检测系统及 FPGA 实现](#)
2. [基于 FPGA 和 DSP 的 DBF 实现](#)
3. [高速浮点运算单元的 FPGA 实现](#)
4. [DLMS 算法的脉动阵结构设计及 FPGA 实现](#)
5. [一种基于 FPGA 的 3DES 加密算法实现](#)
6. [可编程 FIR 滤波器的 FPGA 实现](#)
7. [基于 FPGA 的 AES 加密算法的高速实现](#)
8. [基于 FPGA 的精确时钟同步方法](#)
9. [应用分布式算法在 FPGA 平台实现 FIR 低通滤波器](#)
10. [流水线技术在用 FPGA 实现高速 DSP 运算中的应用](#)
11. [基于 FPGA 的 CAN 总线通信节点设计](#)
12. [基于 FPGA 的高速时钟数据恢复电路的实现](#)
13. [基于 FPGA 的高阶高速 FIR 滤波器设计与实现](#)
14. [基于 FPGA 高效实现 FIR 滤波器的研究](#)
15. [FPGA 的 VHDL 设计策略](#)
16. [用 FPGA 实现串口通信的设计](#)
17. [GPIB 接口的 FPGA 实现](#)
18. [一种基于 FPGA 的 FFT 阵列处理器](#)
19. [基于 FPGA 的 FFT 信号处理器的硬件实现](#)
20. [CPLD 在 CAN 通讯卡中的应用](#)
21. [用 CPLD 实现同步串口与异步串口的转换](#)

邀请注册码



关注论坛公众号